

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-298085

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/16

(21)Application number : 10-105235

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 15.04.1998

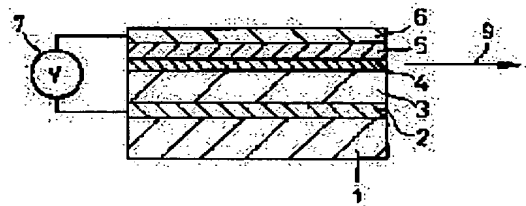
(72)Inventor : YOKOTA YOSHIHIRO
TACHIBANA TAKESHI
KOBASHI KOJI

(54) ULTRAVIOLET LASER DEVICE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ultraviolet laser device and a method for manufacturing the same with which laser light of a short wavelength of 300 nm or less can be obtained.

SOLUTION: An electrode 2 for hole injection is formed on a substrate 1. An undoped diamond layer 3 and a boron-doped diamond layer 4 are sequentially stacked on the electrode 2. An undoped diamond layer 5 and an electrode 6 for electron injection are stacked sequentially on the boron-doped diamond layer 4. Also, the electrode 2 and the electrode 6 are connected to a power 7 in such a way that a positive voltage is applied to the electrode 2 for hole injection, and a negative voltage is applied to the electrode 6 for electron injection. Accordingly, since diamond layers 3 and 5 exhibiting a higher resistance than a light-emitting layer of boron-doped diamond are formed between the light-emitting layer and the electrode 2 and the electrode 6 respectively, impurities and defective crystals in the light emitting layer can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3394443

[Date of registration] 31.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-298085

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) IntCl.⁸

H 0 1 S 3/16

識別記号

F I

H 0 1 S 3/16

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-105235

(22) 出願日 平成10年(1998)4月15日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 横田 嘉宏

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 橘 武史

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 小橋 宏司

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

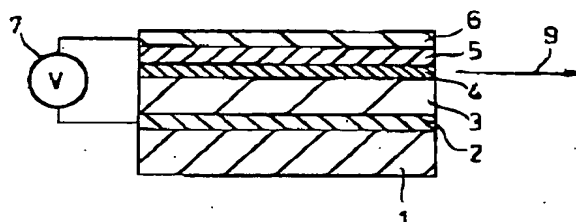
(74) 代理人 弁理士 藤巻 正憲

(54) 【発明の名称】 紫外線レーザー素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 300nm以下の短波長のレーザー光を得ることができる紫外線レーザー素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 基板1上にホール注入用電極2が形成されており、その上に、アンドープダイヤモンド層3及びボロンドープダイヤモンド層4が順次積層されている。また、ボロンドープダイヤモンド層4の上にはアンドープダイヤモンド層5及び電子注入用電極6が順次積層されている。なお、ホール注入用電極2には正の電圧が印加されると共に、電子注入用電極6には負の電圧が印加されるように、電極2及び電極6に電源7が接続されている。



(2)

特開平11-298085

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1電極と、前記第1電極上に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されたボロンドープダイヤモンドからなる発光層と、前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層と、前記第2ダイヤモンド層上に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有し、前記第1ダイヤモンド層及び前記第2ダイヤモンド層は前記発光層よりも高い抵抗値を有することを特徴とする紫外線レーザ素子。

【請求項2】 第1電極と、前記第1電極上に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されたボロンドープダイヤモンドからなる発光層と前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層とからなる複数の積層膜と、前記積層膜上に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有し、前記第1ダイヤモンド層及び前記第2ダイヤモンド層は前記発光層よりも高い抵抗値を有することを特徴とする紫外線レーザ素子。

【請求項3】 前記第1電極は基板上に形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項4】 基板と、前記基板上に選択的に形成された第1電極と、前記基板及び第1電極上に選択的に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されたボロンドープダイヤモンドからなる発光層と、前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層と、前記基板及び第2ダイヤモンド層上に選択的に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有することを特徴とする紫外線レーザ素子。

【請求項5】 前記第1電極、第1ダイヤモンド層、発光層、第2ダイヤモンド層及び第2電極を有する複数組の素子が、前記発光層から発するレーザ光の経路が一致するように前記基板上に形成されていることを特徴とする請求項3又は4に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項6】 前記第1電極は、基体と、前記基体上に形成され前記第1及び第2ダイヤモンド層よりも低い抵抗値を有する第3ダイヤモンド層と、を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項7】 前記基体は単結晶白金又は単結晶白金合金からなり、前記第3ダイヤモンド層は、高配向ダイヤモンド膜、ダイヤモンド融合膜及び単結晶ダイヤモンド膜からなる群から選択された1種の膜からなることを特徴とする請求項6に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項8】 前記第3ダイヤモンド層は、表面にダイヤモンド結晶の(100)面又は(111)面が現れたものであることを特徴とする請求項6又は7に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項9】 前記第1及び第2ダイヤモンド層は、アンダーブダイヤモンド、窒素ドープダイヤモンド及び前記発光層中のボロン濃度よりも低い濃度でボロンがドープされた低濃度ボロンドープダイヤモンドからなる群から選択された少なくとも1種からなることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項10】 前記発光層は1nm乃至1μmの膜厚を有することを特徴とする請求項1乃至9に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項11】 前記ボロンドープダイヤモンドからなる発光層の欠陥密度は $1 \times 10^8 / \text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項12】 前記第1電極と前記第1ダイヤモンド層との間に基板を有することを特徴とする1、2及び6乃至11のいずれか1項に記載の紫外線レーザ素子。

【請求項13】 第1電極上に第1ダイヤモンド層を気相合成する工程と、前記第1ダイヤモンド層の上に前記第1ダイヤモンド層よりも低い抵抗値を有するボロンドープダイヤモンドからなる発光層を気相合成する工程と、前記発光層の上に前記発光層よりも高い抵抗値を有する第2ダイヤモンド層を気相合成する工程と、前記第2ダイヤモンド層の上に第2電極を形成する工程と、を有することを特徴とする紫外線レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は300nm以下の短波長のレーザ光を得ることができる紫外線レーザ素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ダイヤモンドは、バンドギャップが5.4eVと大きいことが特徴である。また、アンダーブのダイヤモンドは絶縁体であるが、不純物元素をドーピングすることにより、半導体化することができるという特徴も有している。従って、このような特徴により、ダイヤモンドは新規のデバイス材料として期待されている。

【0003】ダイヤモンド膜の気相合成法としては、例えば、マイクロ波化学気相蒸着（マイクロ波CVD）法がある（特公昭59-27754号公報、特公昭61-3320号公報等）。また、他にも、高周波プラズマCVD法、熱フィラメントCVD法、直流プラズマCVD法、プラズマジェット法、燃焼法及び熱CVD法等によりダイヤモンド膜を合成することができる。これらの気相合成法によると、天然ダイヤモンド又は高温高圧合成による単結晶ダイヤモンドの場合と比較して、膜状のダイヤモンドを大面積及び低コストで得ることができる。また、ボロン（B）原子をダイヤモンド膜中にドーピングすることにより、p型半導体ダイヤモンド膜を合成する技術も公知である（特開昭59-137396号公

(3)

特開平11-298085

報)。

【0004】通常の気相合成により得られたダイヤモンド膜は、その粒子がランダムに配向した多結晶膜である。しかし、合成条件を調整することにより、ダイヤモンド膜の表面の殆どが、ダイヤモンド結晶の(111)面又は(100)面により構成されたダイヤモンド膜を得ることができる(M. Rosler, et al., 2nd International Conference on the Applications of Diamond Films and Related Materials, Ed. M. Yoshikawa, et al., NYU, Tokyo, 1993, pp.691-696)。また、基板として、シリコン結晶の(100)面が基板の表面に平行な方向に配向した単結晶シリコン基板を使用して、この基板にバイアス枝発生と呼ばれる前処理を施すと、基板上にダイヤモンド結晶の(100)面が基板表面に平行な方向に配向した高配向ダイヤモンド膜を得ることができる。

【0005】更に、基板として白金基板を使用すると、この白金基板上に結晶欠陥が少ないダイヤモンド膜を合成することができる。更にまた、白金結晶の(111)面が基板表面に現れた単結晶白金基板を使用して、ダイヤモンド膜を気相合成すると、この基板上にダイヤモンド結晶の(111)面が融合した単結晶ダイヤモンドに近い高品質のダイヤモンド膜を合成することができる。以下、このようなダイヤモンド膜をダイヤモンド融合膜という。

【0006】更にまた、単結晶ダイヤモンド基板上には、単結晶ダイヤモンド薄膜を気相合成することも開示されている(「ダイヤモンドに関する研究」無機材質研究所研究報告書第39号、科学技術庁、1984, pp.39-43 及び特開平2-233590号公報等)。

【0007】ところで、半導体ダイヤモンド膜を発光層として使用した発光素子が、特開平1-102893号公報に開示されている。以下、これを第1の従来例という。第1の従来例においては、2枚の電極と、この2枚の電極間に設けられた絶縁層と、この絶縁層の膜厚中央部に埋め込まれたダイヤモンド層と、を有するエレクトロルミネッセンス型の発光素子が開示されている。また、2枚の電極間に半導体ダイヤモンド薄膜が配置されたMS(Metal Semiconductor)構造の発光素子、及び2枚の電極間に半導体ダイヤモンド薄膜及びノンドープダイヤモンド薄膜が配置されたMIS(Metal Insulator Semiconductor)構造の発光素子等も開示されている。

【0008】また、赤色発光層、青色発光層及び緑色発光層を有し、これらの全ての発光層がダイヤモンド層からなる発光素子も提案されている(特開平3-122093号公報)。更に、導電性の基板上にp型又はn型のダイヤモンド層からなる発光層が形成され、この発光層の上にアンドープダイヤモンド層が形成された構造を有

する発光素子が開示されている(特開平3-222376号公報)。以下、これらの従来例を夫々、第2及び第3の従来例という。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】発光層として、ダイヤモンド層を使用した発光素子においては、ダイヤモンド層のバンドギャップ間で直接的な遷移が発生すれば、ダイヤモンドのバンドギャップエネルギーである5.4 eVに相当する波長、即ち、約220 nmの波長を有する紫外線光が得られるはずである。

【0010】しかしながら、第1の従来例では、約450 nmの波長領域で発光バンド強度のピークが現れ、第2の従来例では、350乃至750 nmの波長領域で発光バンド強度のピークが現れており、いずれの従来例においても、可視光領域の光しか得られない。このような波長領域の光を発する発光素子としては、SiC及びGaNを使用したものが公知であり、発光素子の材料としてダイヤモンドを使用する利点はない。

【0011】また、第3の従来例においても、第2の従来例と同様に、可視光領域で発光バンド強度のピークが強く現れており、300 nm以下の波長領域で発光バンド強度のピークが現れた場合であっても、その強度は極めて弱いものである。

【0012】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、300 nm以下の短波長のレーザー光を得ることができる紫外線レーザー素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係る紫外線レーザー素子は、第1電極と、前記第1電極上に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されたボロンドープダイヤモンドからなる発光層と、前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層と、前記第2ダイヤモンド層上に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有し、前記第1ダイヤモンド層及び前記第2ダイヤモンド層は前記発光層よりも高い抵抗値を有することを特徴とする。

【0014】本発明に係る他の紫外線レーザー素子は、第1電極と、前記第1電極上に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されボロンドープダイヤモンドからなる発光層と前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層とからなる複数の積層膜と、前記積層膜上に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有し、前記第1ダイヤモンド層及び前記第2ダイヤモンド層は前記発光層よりも高い抵抗値を有することを特徴とする。

【0015】前記第1電極は基板上に形成されていてもよい。

【0016】本発明に係る更に他の紫外線レーザー素子は、基板と、前記基板上に選択的に形成された第1電極

(4)

特開平11-298085

と、前記基板及び第1電極上に選択的に形成された第1ダイヤモンド層と、前記第1ダイヤモンド層上に形成されたボロンドープダイヤモンドからなる発光層と、前記発光層上に形成された第2ダイヤモンド層と、前記基板及び第2ダイヤモンド層上に選択的に形成された第2電極と、前記第1電極及び第2電極に接続された電源と、を有することを特徴とする。

【0017】また、前記第1電極、第1ダイヤモンド層、発光層、第2ダイヤモンド層及び第2電極を有する複数組の素子が、前記発光層から発するレーザ光の経路が一致するように前記基板上に形成されていてもよい。

【0018】更に、前記第1及び第2ダイヤモンド層は、アンドープダイヤモンド、空素ドープダイヤモンド及び前記発光層中のボロン濃度よりも低い濃度でボロンがドープされた低濃度ボロンドープダイヤモンドからなる群から選択された少なくとも1種からなるものとすることができ、前記発光層は1nm乃至1 μ mの膜厚を有することが好ましい。更にまた、前記ボロンドープダイヤモンドからなる発光層の欠陥密度は $1 \times 10^8 / \text{cm}^2$ 以下であることが好ましい。

【0019】本発明に係る紫外線レーザ素子は、第1電極上に第1ダイヤモンド層を気相合成する工程と、前記第1ダイヤモンド層の上に前記第1ダイヤモンド層よりも低い抵抗値を有するボロンドープダイヤモンドからなる発光層を気相合成する工程と、前記発光層の上に前記発光層よりも高い抵抗値を有する第2ダイヤモンド層を気相合成する工程と、前記第2ダイヤモンド層の上に第2電極を形成する工程と、を有することを特徴とする。

【0020】本発明においては、第1電極及び第2電極のいずれか一方に正の電圧を印加し、他方に負の電圧を印加すると、正の電圧が印加された電極からホールが発光層に輸送されると共に、負の電圧が印加された電極から電子が発光層に輸送される。そして、これらのホールと電子とが発光層内において再結合して、レーザ光が放射される。このとき、本発明においては、発光層が、第1ダイヤモンド層の上にホモエピタキシャル成長により形成されているので、発光層中の非発光再結合中心及び可視光発光再結合中心の原因となる不純物及び結晶欠陥を低減することができる。また、第2ダイヤモンド層もホモエピタキシャル成長により形成されているので、第2ダイヤモンド層中の再結合中心の原因となる不純物及び結晶欠陥を低減することができる。従って、ホールと電子とが第2ダイヤモンド層中で再結合することを防止することができ、選択的に発光層で再結合させることにより、発光層から高効率で300nm以下の紫外線領域に発光強度のピークを有するレーザ光を発振することができる。なお、これらの原理及び効果は、発光層と第2ダイヤモンド層とからなる複数の積層膜を形成した場合であっても同様である。

【0021】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例に係る紫外線レーザ素子を示す断面図である。図1に示すように、基板1上にホール注入用電極（第1電極）2が形成されており、その上に、アンドープダイヤモンド層（第1ダイヤモンド層）3及びボロンドープダイヤモンド層（発光層）4が順次積層されている。また、ボロンドープダイヤモンド層4の上にはアンドープダイヤモンド層（第2ダイヤモンド層）5及び電子注入用電極（第2電極）6が順次積層されている。なお、ホール注入用電極2には正の電圧が印加されると共に、電子注入用電極6には負の電圧が印加されるように、電極2及び電極6に電源7が接続されている。

【0022】このように構成された紫外線レーザ素子においては、ホール注入用電極2からホールが注入されると、このホールはアンドープダイヤモンド層3を介してボロンドープダイヤモンド層4に輸送される。また、電子注入用電極6から電子が注入されると、この電子はアンドープダイヤモンド層5を介してボロンドープダイヤモンド層4に輸送される。そして、これらのホールと電子とがボロンドープダイヤモンド層4内において再結合することにより、ボロンドープダイヤモンド層4の端面から、300nm以下の波長領域に発光強度のピークを有するレーザ光9が放射される。

【0023】本願発明者等は、再結合のプロセスが自由励起子の準位を介するときには、235nmの波長領域に発光強度のピークを有する光を発し、再結合のプロセスがボロン（B）に関する中性アクセプタ束縛励起子の準位を介するときには、238nmの波長領域に発光強度のピークを有する光を発することを見出した。但し、発光強度はダイヤモンド層の品質に大きく影響され、特に、非発光再結合中心及び可視光発光再結合中心の原因となる不純物又は結晶欠陥がダイヤモンド層中に存在すると、300nm以下の波長領域にピークを有する発光は阻害される。

【0024】例えば、シリコン等のダイヤモンドと異なる物質の上にダイヤモンド層を成長させると、このダイヤモンド層には結晶欠陥が入りやすくなると共に、下地層中の元素（シリコン）が不純物として混入しやすくなる。第1乃至第3の従来例においては、いずれも発光層を異種物質からなる基板上に形成した構造であるので、発光層中の非発光再結合中心及び可視光発光再結合中心の原因となる不純物及び結晶欠陥を低減することができない。

【0025】しかし、本実施例においては、発光層となるボロンドープダイヤモンド層4が、アンドープダイヤモンド層3の上にホモエピタキシャル成長により形成されているので、結晶欠陥及び不純物等の問題点は発生せず、発光層中の非発光再結合中心及び可視光発光再結合中心の原因となる不純物及び結晶欠陥を低減することができる。また、本実施例においては、アンドープダイヤ

(5)

特開平11-298085

モンド層5もボロンドープダイヤモンド層4の上にホモエピタキシャル成長により形成されているので、再結合中心の原因となる不純物及び結晶欠陥を低減することができる。従って、ホールと電子とがアンドープダイヤモンド層5中で再結合することを防止することができ、ホールと電子とを選択的に発光層で再結合させることができる。

【0026】図2は本発明の第2の実施例に係る紫外線レーザー素子を示す断面図である。但し、図2に示す第2の実施例において、第1の実施例と異なる点は、アンドープダイヤモンド層5と電子注入用電極6との間に、ボロンドープダイヤモンド層14及びアンドープダイヤモンド層15が積層されている点のみであるので、図2において図1と同一物には同一符号を付して、その詳細な説明は省略する。

【0027】図2に示すように、第2の実施例においても、ホール注入用電極2に正の電圧を印加すると共に、電子注入用電極6に負の電圧を印加するために、ホール注入用電極2及び電子注入用電極6に電源7が接続されている。

【0028】このように構成された第2の実施例に係る紫外線レーザー素子においては、ホール注入用電極2からホールが注入されると共に、電子注入用電極6から電子が注入されると、このホール及び電子はボロンドープダイヤモンド層4及び14に輸送される。そして、これらのホールと電子とがボロンドープダイヤモンド層4及び14内において再結合することにより、ボロンドープダイヤモンド層4及び14の端面から、夫々、300nm以下の波長領域に発光強度のピークを有する複数のレーザー光9及び19が放射される。

【0029】このように、ホール注入用電極2と電子注入用電極6との間に、ボロンドープダイヤモンド層及びアンドープダイヤモンド層を積層したものを複数層形成することにより、複数の発光が得られる紫外線レーザー素子を得ることができる。

【0030】なお、図1及び図2に示す実施例において、ホール注入用電極2は金属膜のみからなる電極であっても、金属膜上に低抵抗のダイヤモンド層が形成された構造の電極であってもよい。後者の電極を使用すると、ホール注入用電極2から安定してホールを注入することができる。また、本実施例においては、ホール注入用電極2と電子注入用電極6とが互いに入れ替わった構造であっても、同様の効果を得ることができる。

【0031】更に、本実施例においては、レーザー光を放射するボロンドープダイヤモンド層4及び14の両面上に形成するダイヤモンド層として、アンドープダイヤモンド層3、5及び15を形成したが、これらのアンドープダイヤモンド層は所定の値以上の抵抗値を有する高抵抗ダイヤモンド層であればよく、例えば、窒素(N)ドープダイヤモンド層を使用することができる。また、ボ

ロンがドープされたダイヤモンド層であっても、そのドーピング濃度がボロンドープダイヤモンド層4及び14等と比較して、極めて低いものであると、そのダイヤモンド層は所定の値以上の抵抗値を有するものとなるので、アンドープダイヤモンド層3、5及び15の代わりに使用することができる。更にまた、これらの所定の値以上の抵抗値を有するダイヤモンド層が積層された膜を、アンドープダイヤモンド層3、5及び15の代わりに使用することもできる。

【0032】更にまた、本発明において、ダイヤモンド層にボロンをドープする場合に、このドーピング後のボロン層の形状及び濃度が均一でなく、分布があっても、本発明の効果を有することができるように、ボロンがドーピングされていればよい。

【0033】なお、第1及び第2の実施例において、発光層として働くボロンドープダイヤモンド層4及び14の膜厚は、レーザー光9及び19の放射に大きく影響する。ボロンドープダイヤモンド層の最適な膜厚は、紫外線レーザー素子の寸法、Bのドーピング濃度分布、電極材料、ダイヤモンド層の膜質及び電源7による印加電圧等に依存するが、一般的には、ボロンドープダイヤモンド層からなる発光層の膜厚が1nm未満であるか、又は1 μ mを超えると、紫外線領域のレーザー光を得ることができないことがある。従って、本発明においては、発光層の膜厚は1nm乃至1 μ mとすることが好ましい。

【0034】また、本発明においては、ダイヤモンド層の結晶性を高くすると、キャリアの非発光再結合を防止して、紫外線の発光を促進することができる。そこで、発光層を構成するボロンドープダイヤモンド層の欠陥密度は、 $1 \times 10^8 / \text{cm}^2$ 以下にすることが好ましい。このような高品質のダイヤモンド層は、例えば、以下に示す方法により得ることができる。

【0035】先ず、単結晶白金若しくは白金合金板、又は単結晶白金若しくは白金合金膜からなる基体を使用して、この基体上に、気相合成により、高配向ダイヤモンド膜、ダイヤモンド融合膜若しくは単結晶ダイヤモンド膜、又は表面がダイヤモンド結晶の(100)面又は(111)面により構成されたダイヤモンド膜(第3ダイヤモンド層)を形成することにより、基体及びダイヤモンド層(第3ダイヤモンド層)からなる電極を得る。その後、この電極上に気相合成によりアンドープダイヤモンド層(第1ダイヤモンド層)、ボロンドープダイヤモンド層(発光層)及びアンドープダイヤモンド層(第2ダイヤモンド層)を形成する。このようにして、欠陥密度が $1 \times 10^8 / \text{cm}^2$ 以下である高品質のダイヤモンド層からなる発光層を得ることができる。

【0036】本発明において、ボロンドープダイヤモンド層及びアンドープダイヤモンド層と、電極との配置関係は、図1及び2に示す構造に限定するものではない。例えば、図3に示すように、基板1上にホール注入用電

特開平11-298085

(6)

極2が選択的に形成され、基板1及びホール注入用電極2上に、アンドープダイヤモンド層、ボロンドープダイヤモンド層及びアンドープダイヤモンド層の積層膜8が選択的に形成されており、基板1及び積層膜8の上に電子注入用電極6が選択的に形成されていてもよい。

【0037】なお、絶縁性の物質を基板として使用した場合には、ホール注入用電極2は基板と第1ダイヤモンド層との間に形成する必要があるが、基板が金属又は低抵抗シリコンからなるものである場合は、基板自身をホール注入用電極2又は電子注入用電極6とみなすこともできる。この場合には、基板が金属からなる場合を除いて、基板と導線との間の接触抵抗を低減するために、基板に金属の電極を挟むようにすればよい。従って、本発明においては、図1及び2に示す基板1がホール注入用電極2とアンドープダイヤモンド層3との間に形成されていてもよい。

【0038】このような構造の紫外線レーザ素子においても、ホール注入用電極2及び電子注入用電極6に接続された電源7により、ホール注入用電極2に正の電圧を印加すると共に、電子注入用電極6に負の電圧を印加すると、積層膜8の端面からレーザ光9が放射される。

【0039】更に、図4に示すように、電源が接続された2枚の電極間にアンドープダイヤモンド層、ボロンドープダイヤモンド層及びアンドープダイヤモンド層の積層膜が配置された素子20が、基板1上の同一直線上に複数個配列されていてもよい。このように、複数個の素子20を、放射されるレーザ光の方向が完全に一致するように基板1上に配置すると、各素子20が発するレーザ光の強度を互いに高め合せて、強い強度のレーザ光29を得ることができる。

【0040】

【実施例】以下、本発明の実施例に係る紫外線レーザ素子を形成した結果について説明する。

【0041】先ず、表面に(111)結晶面が現れた単結晶チタン酸ストロンチウム板からなる基板を準備した。次に、この基板上に、スパッタリング法により単結晶白金膜を蒸着した後、マイクロ波CVD法を使用して、単結晶白金膜上に 1×10^{19} 乃至 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度でボロン(B)がドーパされたダイヤモンド層を $20\mu\text{m}$ の膜厚で形成した。これにより、ダイヤモンドの(111)結晶面が配向したダイヤモンド融合膜が得られ、基板上に白金膜及びダイヤモンド層からなる電極が形成された。

【0042】次いで、電極の表面を約 $5\mu\text{m}$ の厚さで研磨して平坦化した後、マイクロ波CVD法を使用して、電極上にアンドープダイヤモンド層を $1\mu\text{m}$ の厚さで形成した。その後、アンドープダイヤモンド層の上に約 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度でボロン(B)がドーパされた

ボロンドープダイヤモンド層(発光層)を $0.1\mu\text{m}$ の膜厚で形成し、更にその上に、アンドープダイヤモンド層を $0.5\mu\text{m}$ の厚さで形成した。その後、フォトリソグラフィ技術により、アンドープダイヤモンド層の上に矩形のアルミニウム電極を形成し、ECR(電子サイクロトロン共鳴; Electron Cyclotron Resonance)プラズマエッチングにより、アンドープダイヤモンド層、ボロンドープダイヤモンド層及びアンドープダイヤモンド層の積層膜を基板に垂直の方向にエッチングして、メサ構造の紫外線レーザ素子を形成した。

【0043】このように形成された紫外線レーザ素子において、単結晶白金膜とアルミニウム電極との間に80Vの電圧を印加した。図5は縦軸に発光強度をとり、横軸に波長をとって、本実施例に係る紫外線レーザ素子により得られたレーザ光の発光強度と波長との関係を示すグラフ図である。図5に示すように、本実施例においては、約250nmの波長領域に発光強度のピークを有するレーザ光を得ることができた。

【0044】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、ボロンドープダイヤモンドからなる発光層と第1電極及び第2電極との間に、夫々、発光層よりも高い抵抗値を有するダイヤモンド層が形成されているので、発光層中の不純物及び結晶欠陥を低減することができ、300nm以下の紫外線領域に発光強度のピークを有するレーザ光を発する紫外線レーザ素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る紫外線レーザ素子を示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例に係る紫外線レーザ素子を示す断面図である。

【図3】本発明の第3の実施例に係る紫外線レーザ素子を示す断面図である。

【図4】本発明の第4の実施例に係る紫外線レーザ素子を示す断面図である。

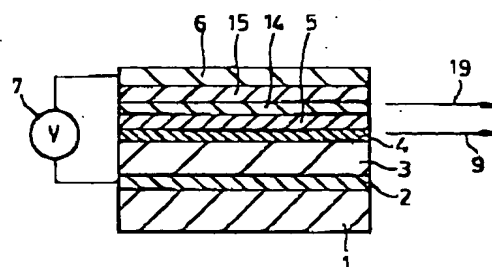
【図5】縦軸に発光強度をとり、横軸に波長をとって、本実施例に係る紫外線レーザ素子により得られたレーザ光の発光強度と波長との関係を示すグラフ図である。

【符号の説明】

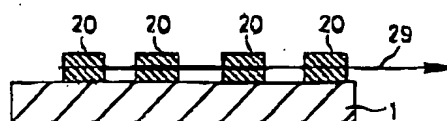
- 1: 基板
- 2: ホール注入用電極
- 3, 5, 15: アンドープダイヤモンド層
- 4, 14: ボロンドープダイヤモンド層
- 6: 電子注入用電極
- 7: 電源
- 8: 積層膜
- 9, 19, 29: レーザ光
- 20: 素子

特開平 1 1 - 2 9 8 0 8 5

【圖 2】



【图 3】



【圖 5】

